

位相雑音補償光周波数領域リフレクトメトリ法による偏波分布の測定

1131006 平松 秀太

電子・光システム工学科 岩下研究室

1. はじめに

光ファイバは通信だけでなく、種々の物理量・化学量を計測するセンサとしても用いられている。光ファイバをセンサとして用いる方法の一つとしては光周波数時間領域リフレクトメトリ法(Optical Frequency Domain Reflectometry:OFDR)がある。OFDRは光ファイバの破断点測定などに利用されている。さらにOFDRのコヒーレンス長による測定距離制限を克服する方式として、光源の揺らぎを補償する位相雑音補償 OFDR 法というものがある。本研究では、位相雑音補償 OFDR を構成し、被測定ファイバからのレイリー散乱光の偏波状態を調べ、偏波分布を測定した。

2. 測定原理

OFDR法は、光源に線形に周波数変調をかけ、被測定物の反射点の距離の情報を干渉計によるビート信号として計測するものである。しかしその測定範囲は光源のコヒーレンス長により制限される。光源のコヒーレンス長は位相雑音が大いほど長くなる。そこで光源の位相雑音を補償する連結参照法を用いた位相雑音補償 OFDR 法がある。被測定物を含む測定干渉計とは別に参照干渉計その遅延時間 τ_{ref} の整数倍の往復距離地点からの反射光に対して位相雑音を最適に補償することができる。光源からの出力光の電界を次の式のように表す。

$$E(t) = E_0 \exp\{j[\omega_0 t + \pi \gamma t^2 + \theta(t)]\}$$

ここで、 E_0 は光波の電界振幅、 ω_0 は光角周波数の初期値、 γ は周波数掃引率、 $\theta(t)$ は時間 t における光源のランダムな位相である。つまりそれぞれ $\theta(t)$ の位相項が光源の位相雑音に起因するビート信号の揺らぎとなる。参照干渉計におけるビート信号 I_{ref} の位相項を $X_1(t)$ とすれば、 τ_{ref} の整数倍の $N \tau_{ref}$ の参照信号 $\cos[X_N(t)]$ の位相項の X_N は、下式で表すことができる。

$$X_N(t) = N\tau_{ref}t + \theta(t) - \theta(t - N\tau_{ref})$$

つまり $I_{ref}(t)$ の周波数のタイミングで $I_{FUT}(t)$ をリサンプリングすれば位相雑音を補償することができ、またコヒーレンス長を越えた領域においても位相雑音の増加を抑圧することができる。

3. 実験構成

図1は、位相雑音補償 OFDR を用いた偏波分布測定の実験系である。光源は光 SSB 変調器からの変調信号を掃引することで周波数掃引した。周波数掃引した光波は参照干渉計および被測定ファイバに接続した測定干渉計に入射され、それぞれのビート信号を生じ、測定干渉計のビート信号は偏波ビームスプリッタ

を用いた偏波ダイバーシティ構成によりそれぞれの軸の偏波成分に分けられ、バランスフォトダイオードにて受光した。その後 A/D 変換器によってパソコンに取り込み LabVIEW を用いて解析部にて位相雑音補償を行った。

4. 測定結果

図2は被測定ファイバの分離した各軸の強度項をあらわしたもので、図3は位相差を表したものである。

5. まとめ

位相雑音補償 OFDR を構成した。解析部は LabVIEW を用いて製作した。位相雑音によるビート信号の揺れが補償できたのが確認できた。そして位相雑音補償 OFDR を用いて偏波分布の測定を行った。

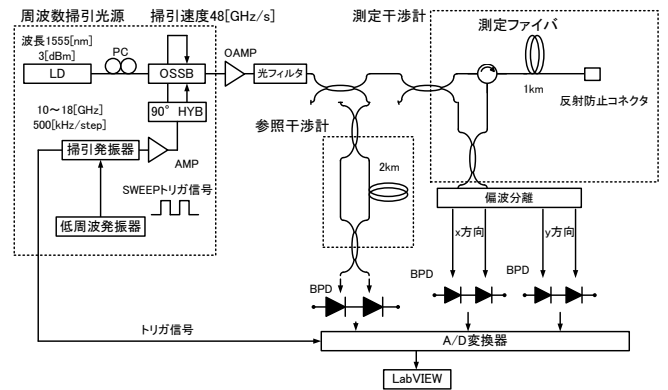


図1 実験系

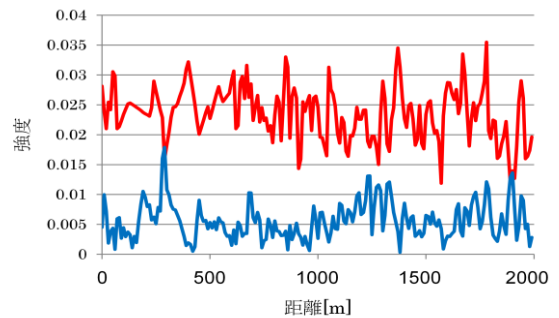


図2 測定ファイバの強度項

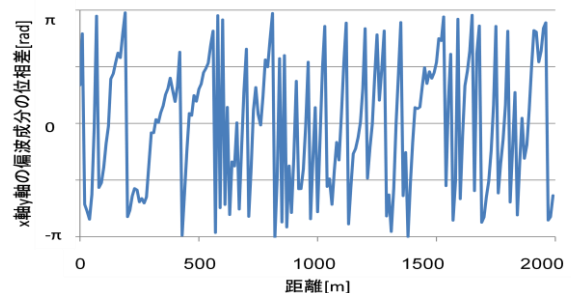


図3 各軸の偏波成分の位相差